

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФГБОУ ВПО «УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ЛЕСОТЕХНИЧЕ-
СКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра технической механики и оборудования целлюлозно-бумажных
производств

С.Н. Вихарев
Е.Н. Степанова

РУБИТЕЛЬНЫЕ МАШИНЫ. ТЕОРИЯ. КОНСТРУКЦИЯ. РАСЧЕТ.

Методические указания для выполнения лабораторных и практических работ по курсам «Теория и конструкция технологических машин и оборудования», «Проектирование и модернизация машин и оборудования ЦБП» для студентов направления 151000 очной и заочной формы обучения

Рассмотрено и рекомендовано к изданию кафедрой технической механики и оборудования ЦБП.

Протокол № 2 от 7.10.2015 г.

Рецензент В.П. Сиваков

В редакции авторов

Подписано в печать	Формат 60x84 1/16
Плоская печать	Печ. л. Тираж
Поз.	Заказ Цена

Содержание

1. Основные показатели технологической щепы.....	4
2. Классификация рубительных машин.....	5
3. Основные типы рубительных машин.....	8
3.1. Рубительная машина с наклонным и горизонтальным ротором.....	8
3.2. Рубительная машина с безударным выбросом щепы.....	11
3.3. Рубительная машина с эвольвентными ножами.....	13
3.4. Рубительные машины для получения щепы с заданными размерами.....	15
3.5. Рубительная машина барабанная резцовая.....	18
4. Анализ конструкций дисковых рубительных машин и тенденции их развития.....	19
5. Расчет рубительных машин.....	20
5.1. Постановка задачи расчета.....	20
5.2. Производительность рубительной машины.....	21
5.3. Выбор маховых масс и мощности электродвигателя.....	23
5.4. Проверка электродвигателя рубительной машины на динамическую устойчивость.....	26
5.5. Расчет ножевого диска.....	29
5.6. Расчет вала рубительной машины.....	33
5.7. Расчет тормоза рубительной машины.....	35
5.8. Порядок расчета рубительной машины.....	37
Литература.....	38

1. ОСНОВНЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ЩЕПЫ

Технологической щепой принято называть древесные частицы определенных геометрических форм и размеров, получаемые из окоренной древесины или отходов лесопиления на ножевых рубительных машинах. В зависимости от способа и технологии получения целлюлозы к технологической щепе предъявляются требования, определяемые ГОСТ 15815 - 83 "Щепа технологическая"[1]. Они представлены ниже.

Назначение щепы	Длина, мм	Толщина не более, мм
1. Целлюлозно-бумажное производство	15—25	5
2. Производство древесноволокнистых плит	10—35	5
3. Производство древесностружечных плит плоского прессования	10-60	30
4. Гидролизное производство	5—25	5

Кроме линейных размеров, технологическая щепа характеризуется фракционным составом, который определяет содержание различных фракций крупности в общей массе щепы. Крупная фракция, как правило, подвергается вторичному измельчению и переводится в технологическую и мелкую щепу. Мелкая фракция состоит из мелкой щепы, опилок, спичек, иголок. Длина опилок до 5 мм, диаметр до 0,2—0,3 мм. Спичками принято считать частицы длиной от 5 мм и более, с толщиной более 0,4—0,5 мм и шириной от 1 до 5—6 мм. Иголки имеют промежуточные размеры между опилками и спичками и имеют, как правило, длину, соизмеримую с длиной спичек при толщине опилок или менее.

Фракционный и породный состав щепы оказывают существенное влияние на качественные показатели полуфабриката. Следует отметить, что фракционный состав щепы контролирует степень изменения его линейных размеров по длине и ширине, и считается, что чем короче щепа, тем большее количество волокон должно укорачиваться в процессе рубки. При большей длине щепы образуется меньшее количество мелочи, однако при этом плотность заполнения варочных котлов щепой снижается и усложняется процесс пропитки щепы химикатами для равномерной обработки волокна. Уменьшение размеров щепы способствует более равномерной и быстрой варке, но увеличивает количество мелочи в целевом продукте и снижает выход целлюлозы по варке. Геометрические параметры щепы оказывают значительное влияние на выход и свойства целлюлозы, особенно важны эти параметры при сульфитном способе производства. Общая закономерность сводится к тому, что при малых размерах щепы улучшаются условия пропитки и нагрева, но ухудшаются механические свойства древесной массы из-за повреждения древесных волокон.

Размеры щепы по длине и толщине являются одним из основных факторов, определяющих появление непровара массы. Под непроваром понимают отсутствие способности древесной щепы разделяться на отдельные волокна (или пачки волокон) после процесса варки.

2. КЛАССИФИКАЦИЯ РУБИТЕЛЬНЫХ МАШИН

В основу классификации дисковых рубильных машин положен вид резания древесины.

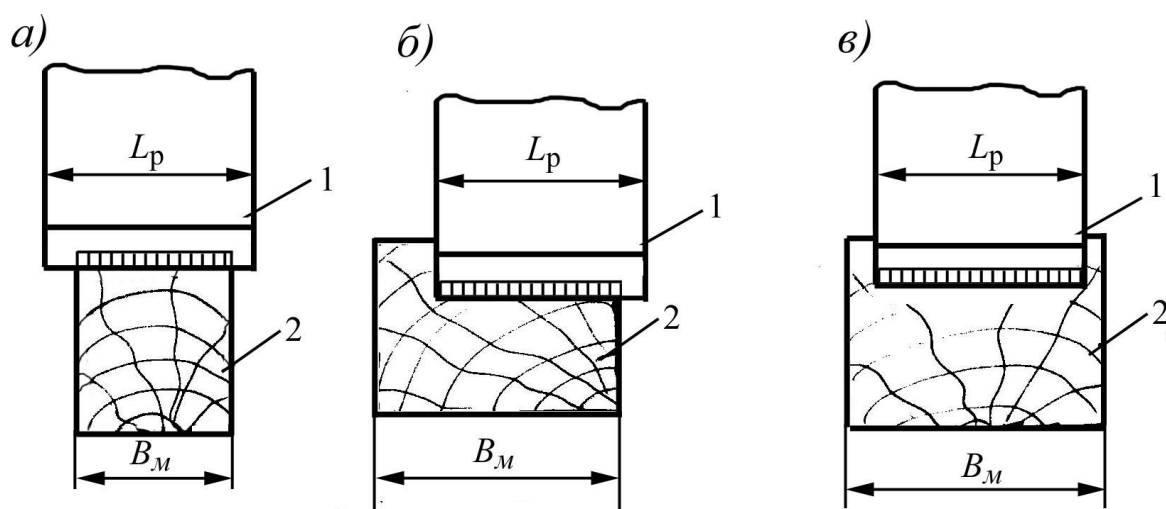


Рис. 1. Виды резания древесины:
а – открытый; б – полузакрытый; в – закрытый;
1 – нож; 2 – древесина

В зависимости от соотношения длины режущей кромки ножа и максимальной ширины измельчаемого материала различают [2]: открытое резание – режущая кромка полностью перекрывает ширину измельчаемого лесоматериала (рис. 1, а), $L_p > B_m$; полузакрытое резание – режущая кромка частично перекрывает измельчаемый лесоматериал, при этом во взаимодействии с древесиной, кроме передней и задней граней, находится и одна боковая грань (рис. 1, б), $L_p < B_m$; закрытое резание – длина режущей кромки значительно меньше ширины измельчаемого лесоматериала. В последнем случае во взаимодействии с древесиной находятся и две боковые грани (рис. 1, в), $L_p \ll B_m$.

Машины, в основе которых заложен открытый вид резания, классифицируются как ножевые, машины с полузакрытым видом резания - многолезцовые (рис. 2). По исполнению рубильные машины делятся на стационарные и передвижные (рис.3). Рабочий орган машин может располагаться в вертикальной и наклонной плоскостях. Машины с наклонным рабочим органом улучшают условия резания древесины. Подача древесины к ножевому диску производится под действием собственной силы тяжести или с помощью специальных механизмов.

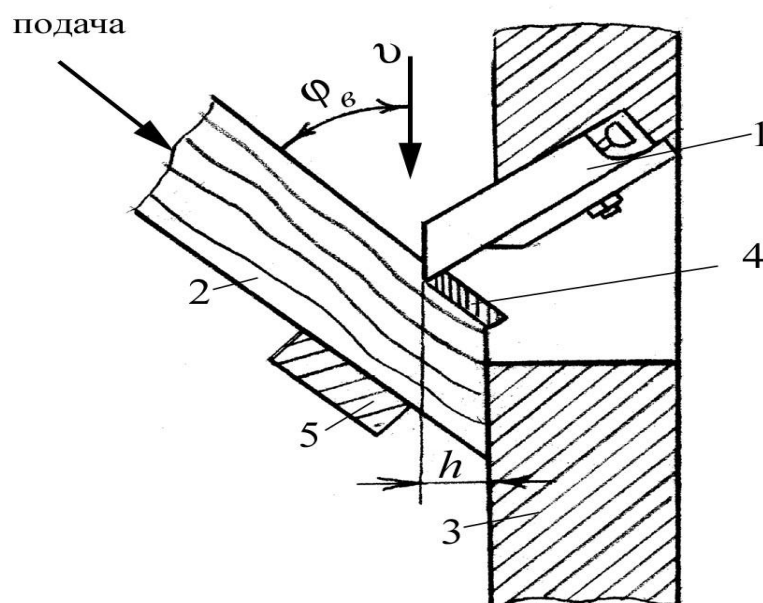


Рис. 2. Схема резания древесины:
1 – нож; 2 – древесина; 3 – диск; 4 – щеп (элемент); 5 – контр нож

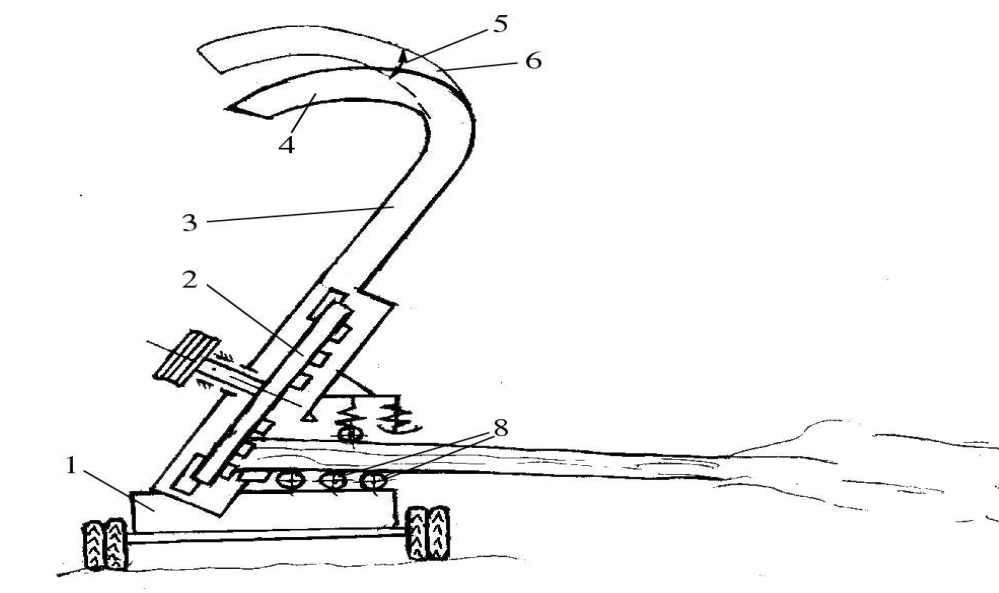


Рис. 3. Передвижная рубильная машина:
1 – колесная платформа; 2 – диск; 3 – щепопровод; 4 – нижний выходной канал; 5 – перекидная заслонка; 6 – верхний выходной канал

По конструктивным признакам рубильные машины подразделяются на барабанные и дисковые. В барабанных рубильных машинах режущие ножи размещены на поверхности вращающегося барабана. При рубке эти ножи совершают кругообразные движения, врезааясь в древесину под разными углами наклона, зависящими от толщины перерабатываемого древесного сырья. Вследствие этого щеп, получаемая на этих машинах, обычно

имеет неодинаковое направление среза и неоднородна по фракционному составу. В дисковых рубительных машинах режущие ножи расположены на вращающемся диске в вертикальной или наклонной плоскости под постоянным углом наклона как к поверхности диска, так и к направлению подачи. Резание древесины в этих машинах осуществляется под одинаковым углом к плоскости диска. Вследствие этого полученная щепка равномерна по фракционному составу. За последние годы создано много модификаций дисковых рубительных машин, отличающихся по условиям подачи древесины, форме поверхности диска, режиму резания и др.

Различают дисковые машины с прерывистым и непрерывным режимом резания. Машины с прерывистым режимом резания (рис. 4, а) снабжены тремя-четырьмя ножами, процесс резания чередуется с прекращением подачи балансов. При таком режиме неизбежны удары в момент внедрения ножа в древесину, что ухудшает фракционный состав щепы и приводит к смятию поверхности реза. В машинах с непрерывным режимом резания (рис. 4, б) ножи постоянно находятся в контакте с древесиной, что создает более благоприятные условия резания и обуславливает получение щепы лучшего качества. Непрерывное резание древесины обеспечивается большим числом (10—16) режущих ножей на диске. Для толстых балансов непрерывное резание может быть обеспечено и при четырех-шести ножах.

По форме рабочей поверхности диска многоножевые машины делятся на машины с плоской (рис. 4, а) и геликоидальной (рис. 4, б) поверхностями. Наиболее благоприятны условия резания в машинах с геликоидальной поверхностью диска, и щепка получается повышенного качества.

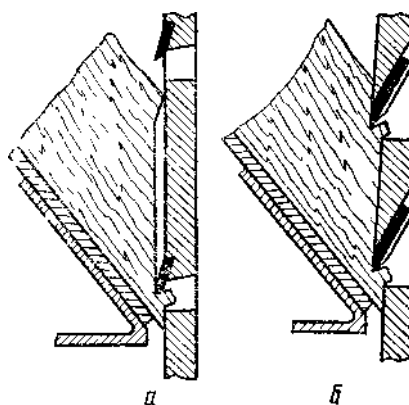


Рис. 4. Схема прерывистой и непрерывной рубки древесины на машинах с плоским (а) и геликоидальным (б) дисками.

По способу подвода балансов к ножевому диску различают рубительные машины с наклонным и горизонтальным питающими патронами. Машины с наклонным патроном служат для рубки балансов длиной до 3 м. Для рубки длинных балансов (6—6,5 м) применяются машины с горизонтальным патроном. Длинные балансы специальным конвейером подаются к

ножевому диску под углом $45\text{—}38^\circ$. При использовании этих машин не требуется постройка высоких зданий.

Рубительные машины изготавливаются с верхним или нижним выбросом щепы. При верхнем выбросе щепа специальными лопатками направляется по трубопроводу (щепопроводу) в циклон или бункер. Отсюда щепа поступает на сортирование. При нижнем выбросе щепа попадает на расположенный под машиной транспортер или в бункер.

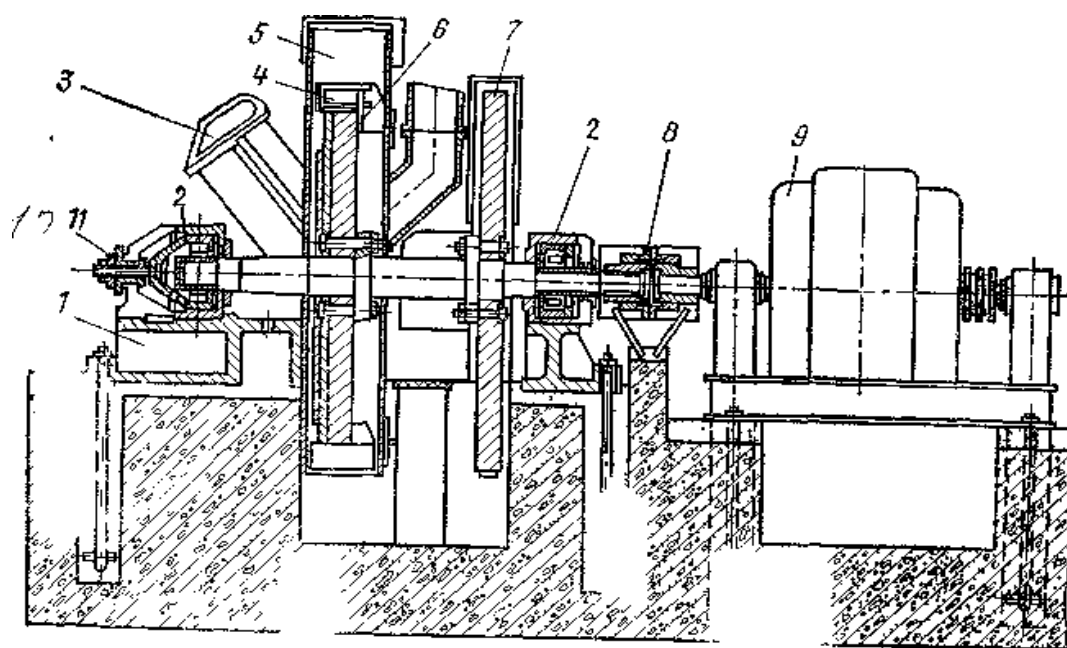
3. ОСНОВНЫЕ ТИПЫ РУБИТЕЛЬНЫХ МАШИН

3.1. Рубительная машина с наклонным и горизонтальным ротором

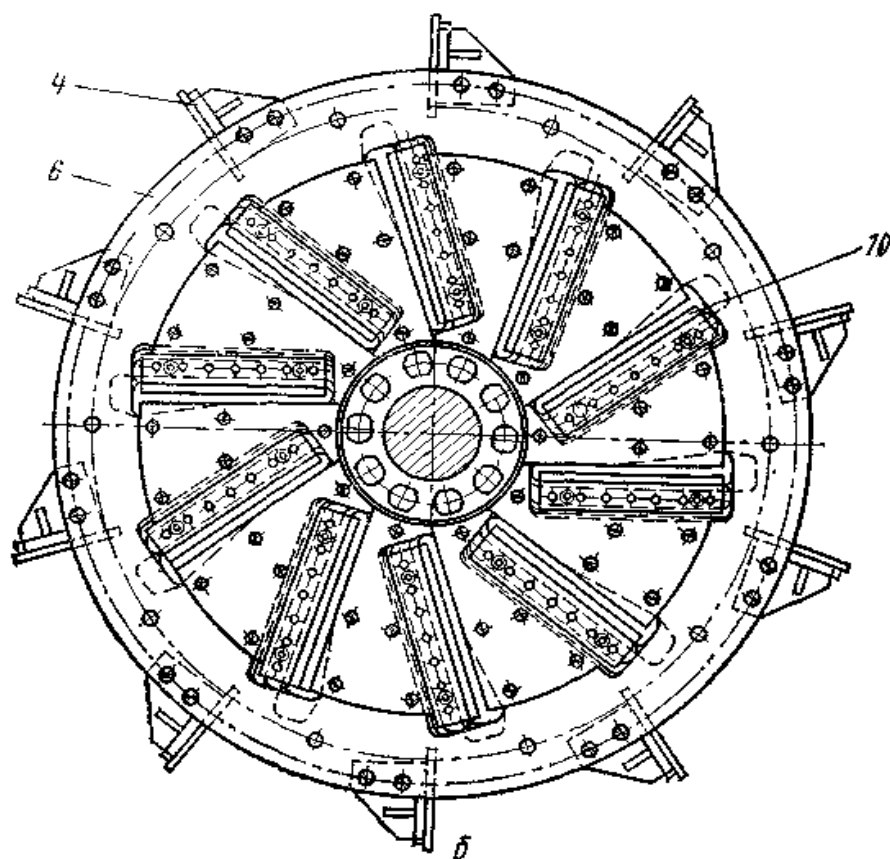
Основной рабочий орган любой дисковой машины — ножевой диск, закрепленный на валу, который вращается в двух опорах. Устройство дисковой рубительной машины с горизонтальным ротором показано на рис. 5 [3].

Эта рубительная машина состоит из следующих узлов (рис. 5, а): станины 1, подшипников 2, кожуха 5, ножевого диска 6, маховика 7 (маховик имеется у машин не всех типов), загрузочного патрона 3, муфты 8 и двигателя 9. Опорами вала ножевого диска обычно являются сферические роликоподшипники. В некоторых конструкциях в подшипнике с лицевой стороны монтируют дополнительно упорный подшипник, воспринимающий осевую составляющую силы, возникающей при рубке балансов. Ротор машины может перемещаться по оси с помощью винтового устройства 11. Ножевой диск (рис. 5, б) имеет подножевые щели для выхода щепы. В гнездах окон закрепляют режущие ножи 10. Баланс к ножевому диску подается по загрузочному патрону (рис. 6). Внутренняя часть патрона имеет съемные защитные листы. Контрножи закреплены внизу патрона. Принцип работы дисковых рубительных машин заключается в следующем. Древесное сырье по загрузочному патрону подают к вращающимся ножам диска. Каждый нож отрезает кусок древесины толщиной h (рис. 7), равной выпуску ножей за плоскость диска. Отрубаемая древесина распадается на отдельные элементы (щепу), которые сквозь подножевую щель проходят на приводную сторону диска, а затем удаляются из машины.

Машина с наклонным ротором — одна из дисковых рубительных машин с горизонтальной подачей (рис. 8). Балансы конвейером подаются к ножевому диску через патрон. Щепа лопатками диска выбрасывается из кожуха машины в бункер или циклон. Машины с наклонным диском хорошо вписываются в одноэтажную компоновку древесного цеха, что снижает расходы на сооружение здания. Кроме того, в таких машинах отсутствуют удары балансов о диск. Все это является достоинством этих машин.



a



б

Рис. 5. Рубительная машина с горизонтальным ротором:
a — продольный разрез, *б* — ножевой диск

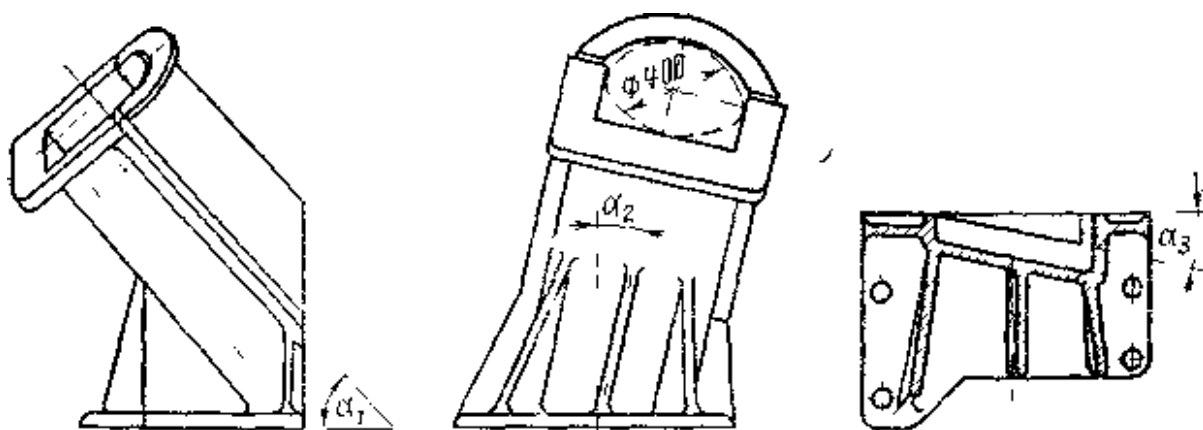


Рис. 6. Загрузочный патрон рубильной машины

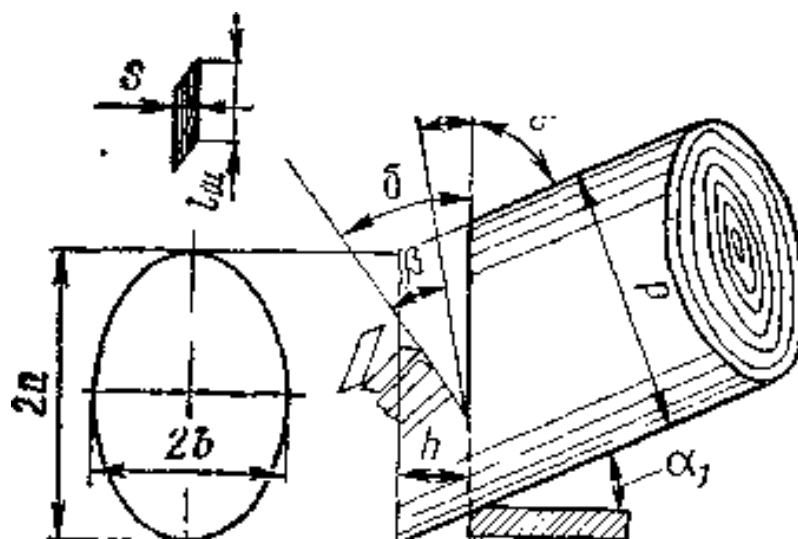


Рис. 7. Параметры резания древесины (γ — задний угол, δ — угол резания; β — угол заточки ножа)

Однако следует отметить, что наклонное расположение диска и привода вносит ряд недостатков в конструкцию машины. При наклонном положении диска появляются значительные осевые усилия на подшипники. Эти силы вместе с силами затягивания древесины, возникающими в процессе рубки, достигают большого значения. Для восприятия этих сил приходится усиливать опоры вала. Усложняется также установка машины и двигателя. Недостатком этой конструкции является также вытекание смазки из наклонно расположенного корпуса подшипника. Появляются и дополнительные сложности при монтаже и обслуживании таких машин.

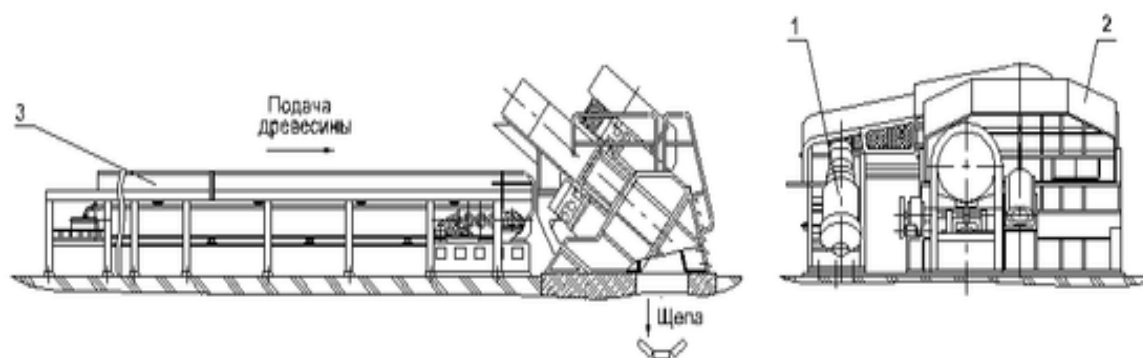


Рис.8. Рубительная машина с наклонным диском: 1 – привод; 2 – механизм рубки; 3 – механизм подачи.

3.2. Рубительная машина с безударным выбросом щепы

При рубке воздушносухих и особенно мерзлых балансов количество отходов сортирования зависит в основном от скорости измельчения[4]. Количество мелочи и опилок в щепе снижается пропорционально снижению скорости рубки. Кроме того, снижение скорости резания улучшает равномерность щепы по размерам и резко увеличивает количество нормальной щепы I сорта. Второй источник образования отходов (опилок) — разбивание щепы об обод ножевого диска, о кожух машины при эвакуации щепы из зоны рубки.

Исследования по изучению движения щепы после ее отделения от балансов показали, что щепа движется вдоль подножевой щели под действием центробежных сил и по направлению подачи балансов под действием упругих сил, вызванных внедрением ножа. Суммарная траектория движения щепы зависит от соотношения скоростей движения в указанных направлениях, которые зависят в основном от скорости резания, модуля упругости древесины, коэффициента трения щепы по ножу и массы частиц.

Как показали исследования, щепа после отруба движется в направлении подачи балансов и частично вдоль прорези к периферии диска. При движении щепа ударяется об обод диска (стенку прорези) и о кожух машины. Если рубительная машина имеет верхний выброс, следующими местами удара являются вентиляционные лопасти и сам щепопровод машины. Об ударах щепы о кожух машины свидетельствует также его интенсивный износ.

Теоретические исследования скорости резания и скорости движения щепы из зоны рубки, а также скоростная киносъемка процесса измельчения балансов показывают, что скорость движения щепы при эвакуации из зоны резания в зависимости от различных условий колеблется от 25 до 120 м/с. Удар щепы о стенку кожуха рубительной машины под углом около 45° при такой высокой скорости вызывает некоторое расслоение щепы и отделение щетинок, которые всегда имеются на срезанном торце щепки от действия передней грани ножа. Эти отделившиеся щетинки идут после сортирования щепы

в отходы в виде опилок. Кроме того, в результате ударов щепы образуется также дополнительное количество тонких спичек.

Рубительная машина фирмы KMW имеет устройство для смягчения ударов. Для этого сконструирован специальный канал на задней стенке кожуха машины, через который осуществляется отвод щепы в направлении ее выброса из зоны рубки. Такая система эвакуации щепы снижает несколько количество опилок и спичек. Однако система отвода щепы в этой машине не устраняет основного источника образования опилок (особенно при рубке мерзлых балансов и из перестойных деревьев) — большой скорости резания.

Машина с безударным выбросом щепы[4] имеет диск 2 (рис. 9), на который при помощи шпонок устанавливают подкладки 3. На этих подкладках устанавливают режущие ножи 5, прижатые сверху накладкой 4, имеющей винтовую поверхность. Задние грани ножей выполнены также по винтовой поверхности. Накладки 4 прикреплены при помощи шпилек 1 к подкладкам 3 и диску 2. Между подкладками образуется пазуха для отрубаемой щепы. Питающий патрон 6 имеет обычную конструкцию. Выброс щепы осуществляется без ударов по касательной к диску и направляется в раструб, который также выполнен по направлению подачи балансов. Такая машина позволяет увеличить производительность в 1,5 — 2 раза при обычных скоростях измельчения. Это достигается за счет того, что на диске размещается в 2 раза больше ножей, чем у обычной дисковой рубительной машины. Благодаря этому скорость резания в рубительной машине можно снизить до 6 - 10 м/с без заметного снижения производительности. Потери древесины при рубке мерзлых балансов уменьшаются с 16 до 4%. Кроме того, значительно улучшается фракционный состав щепы, так как исключаются удары щепы об обод диска и о кожух машины. В этой машине обеспечивается более устойчивое положение балансов в патроне, так как балансы даже малого диаметра непрерывно находятся под контролем двух ножей. Все это позволило при рубке балансов из свежесрубленных еловых деревьев снизить потери древесины в виде опилок до 0,5-1,5%.

Эта машина предназначена в первую очередь для измельчения мерзлых балансов, а также балансов из перестойных деревьев в районах Сибири и Дальнего Востока. Машина имеет две скорости рубки — 10 и 20 м/с для зимних и летних условий соответственно. Кроме того, на сниженных скоростях можно успешно измельчать древесное сырье, которое при рубке на обычных скоростях дает до 15% отходов в виде опилок. Отсутствие прорезей в диске позволяет расположить на нем большее число ножей.

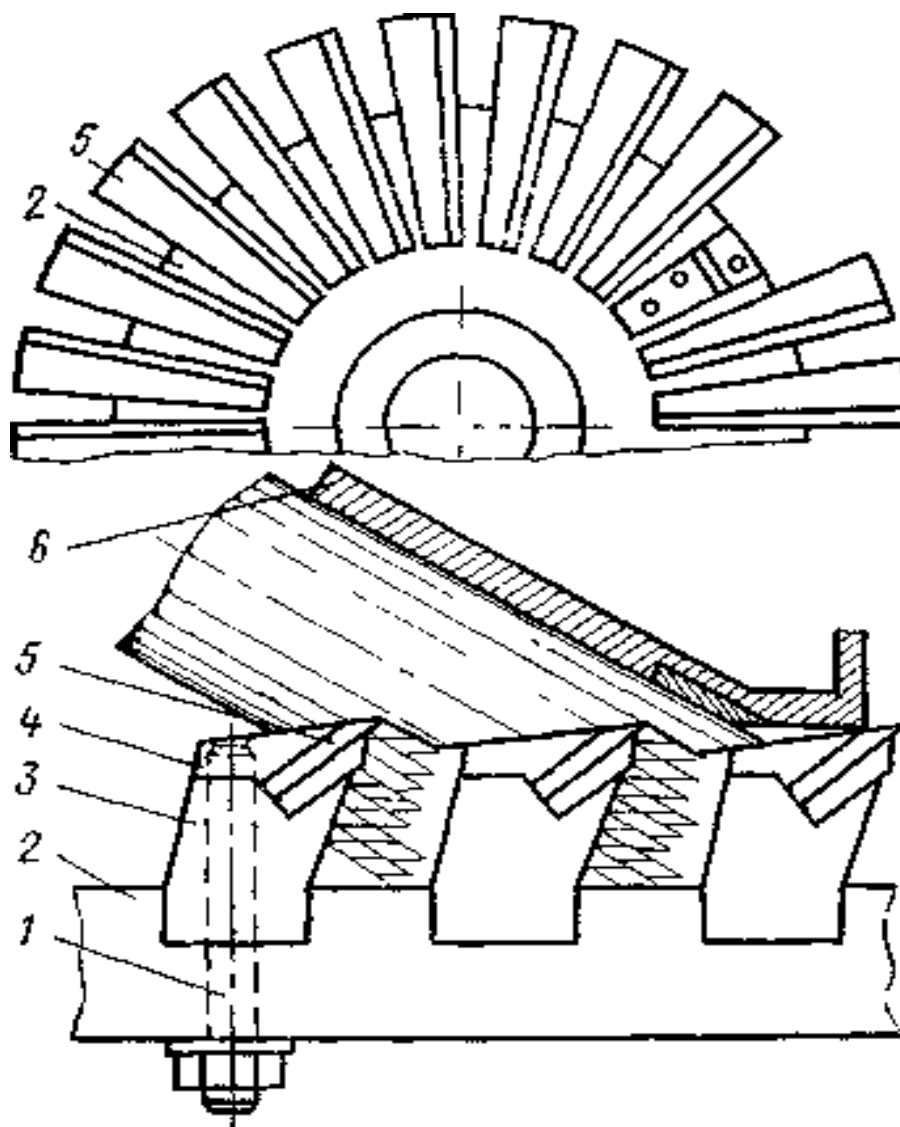


Рис.9. Диск рубительной машины с безударным выбросом щепы

3.3. Рубительная машина с эвольвентными ножами

В обычных дисковых рубительных машинах прямолинейные ножи на диске располагаются по радиусу или под некоторым углом к нему. При такой форме режущей кромки ножа внедрение его в древесину осуществляется с переменной скоростью по всей длине лезвия. С увеличением расстояния от центра диска к периферии скорость резания непрерывно возрастает и достигает до 30 м/с, т. е. в 3-4 раза превышает скорость резания у центра диска.

Однако при рубке мерзлых балансов (или балансов из перестойных деревьев) возникает несоответствие скорости деформирования древесного материала его физическому состоянию. Вследствие этого материал ведет себя как хрупкое тело и при рубке мерзлых балансов потери в виде опилок достигают 17%[4]. Кроме того, при прямой форме режущей кромки ножей расстояние между ножами возрастает от центра диска к периферии, что ухудша-

ет динамику движения древесного материала, качество получаемой щепы при этом снижается и увеличивается количество отходов в виде опилок.

Для обеспечения постоянной минимальной составляющей скорости рубки, направленной перпендикулярно направлению волокон древесины и равной окружной скорости ножей у центра диска, а также для увеличения доли скользящего реза, предложено режущие кромки рубительных ножей выполнить по кривой. При такой форме режущей кромки обеспечивается одновременное резание древесины несколькими ножами независимо от положения бревна относительно плоскости диска.

Для обеспечения устойчивого положения балансов в процессе рубки и равномерного перемещения их под ножи диска задняя грань ножей образована совокупностью винтовых линий одного и того же шага винта, проходящих через режущую кромку. Конструктивно указанные усовершенствования показаны на рис. 10.

Работа машины происходит следующим образом. Бревно 2 по патрону 1 поступает под режущие ножи 3 диска 4. Благодаря тому, что режущая кромка ножа 3 выполнена по предлагаемой кривой, внедрение ножа в древесину перпендикулярно направлению волокон осуществляется с постоянной скоростью, равной окружной скорости лезвия ножа у вала диска. Щепа 5 из пазухи 6 выбрасывается по касательной к окружности диска в раструб. Срезанный торец бревна 2 непрерывно скользит по задней грани ножа 3, имеющей винтовую поверхность. Предложенная форма режущей кромки подвижного ножа позволяет при неизменной скорости вращения диска, а значит, и производительности машины получить минимальную постоянную скорость внедрения ножа в древесину.

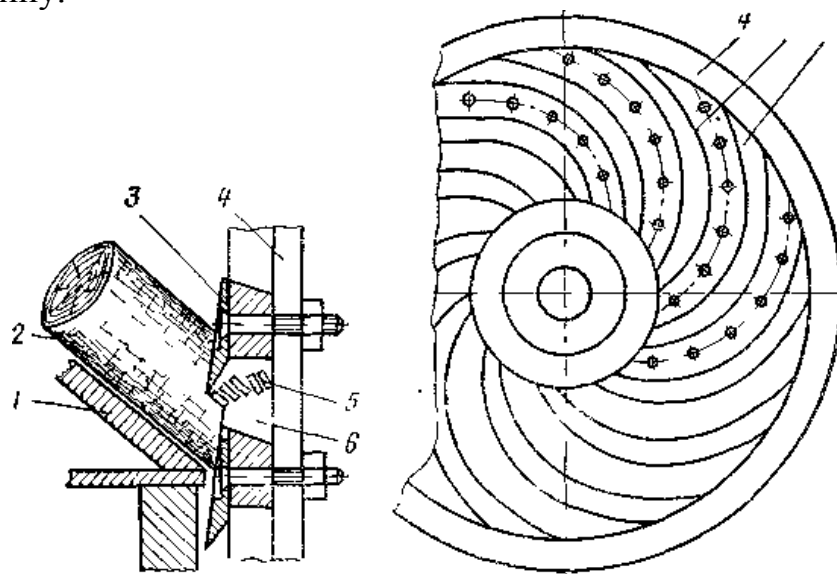


Рис. 10. Схема рубительной машины с эвольвентными ножами

При рубке мерзлых лиственничных балансов достигается снижение потерь древесины в 4 раза.

3.4. Рубительная машина для получения щепы с заданными размерами по длине и толщине

При рубке на известных дисковых машинах контролируемым размером щепы является только ее длина в направлении волокна; она зависит от выпуска лезвия ножей над плоскостью диска машины. Толщина щепы определяется в основном строением и физико-механическими свойствами древесины, характеризуемыми ее пределами прочности. Но из-за различия строения и физико-механических свойств древесины щепы, полученная только из балансов на обычных дисковых рубительных машинах, неоднородна по толщине. Кроме того, при рубке на дисковых рубительных машинах происходит повреждение щепы вследствие сжатия ее вдоль волокон передней гранью ножа, что снижает прочностные показатели целлюлозы в среднем на 10-15% [4].

Для получения неповрежденной щепы с заданными размерами по толщине и длине предложена рубительная машина, у которой толщина щепы задается выпуском ножей над поверхностью диска, а длина определяется расстоянием между соседними лезвиями ножей неподвижного ножевого набора. Измельчение балансов рубительными ножами в этой машине осуществляется в продольно-поперечном направлении; получается стружка требуемой толщины, которая по мере образования нарезается набором ножей на щепу требуемой длины.

Рубительная машина (рис. 11) состоит из питателя 5, по периметру которого со стороны диска установлены упорные ножи 7. Ширина питателя для обеспечения продольно-поперечного резания соответствует длине измельчаемых балансов. Со стороны питателя 5 на ножевом диске 6 установлены рубительные ножи 4 с выпуском над поверхностью диска, соответствующим толщине щепы. На нерабочей стороне ножевого диска 6 у каждой подножевой щели установлены контрножи 3. Вне диска 6 с зазором к контрножам 3 установлен неподвижный ножевой набор 1, состоящий из ножей 2, расставленных с постоянным шагом. Шаг между ножами 2 устанавливают в соответствии с требуемой длиной щепы.

Рубительная машина работает следующим образом. Балансы по питателю 5 подают к диску 6, рубительные ножи 4 которого, осуществляя продольно-поперечное резание, послойно срезают стружку требуемой толщины. Стружка через ножевые щели поступает на нерабочую сторону диска 6. Контрножи 3, вращаясь с диском 6, прижимают стружку последовательно к лезвиям неподвижных ножей 2, которые и разрезают стружку на щепу заданной длины.

Щепу с заданными размерами по толщине и длине можно получать на барабанных рубительных машинах, разработанных фирмой «Англо-Пейпер Продактс». Было изготовлено несколько образцов таких машин, которые работают на предприятиях Швеции и Канады.

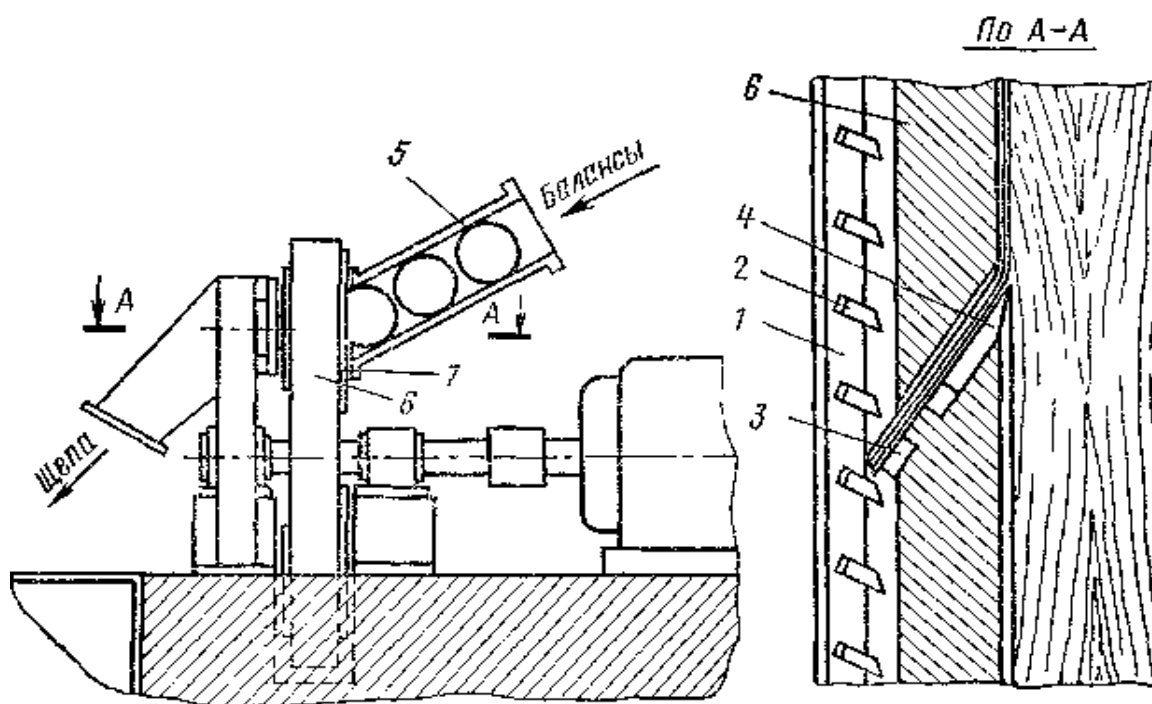


Рис. 11. Схема рубильной машины для получения щепы с заданными размерами по длине и толщине

Барабанная рубильная машина фирмы «Англо-Пейпер Продактс» (рис. 12) похожа на цепной дефибрер, в котором камень заменен барабаном с 10—18 ножами на поверхности. Рубильная машина (рис. 12) похожа на цепной дефибрер, в котором камень заменен барабаном с 10—18 ножами на поверхности. Механизм резания рубильной машины виде полого ножевого барабана с частотой вращения 20—35 мин⁻¹, приводимого от электродвигателя мощностью от 175 до 330 кВт.

Цилиндрическая поверхность барабана имеет 18 прорезей вдоль образующей, в которых по окружности барабана установлен 18 ножей двух типов. Один тип ножей представляет собой режущий инструмент с перпендикулярными боковыми кромками по обеим сторонам главной кромки такой формы, чтобы прорезать в древесине неглубокие желобки (рис. 12, а), ширина и глубина которых определяет длину и толщину щепы. Ножи второго типа установлены по всей длине барабана и служат для среза площадок между желобками, в результате чего образуется вторая группа лент древесины таких же размеров, как и первая. Ленты проходят через прорези внутрь барабана, разламываясь при этом на щепу, которая выводится наружу через один из торцов барабана.

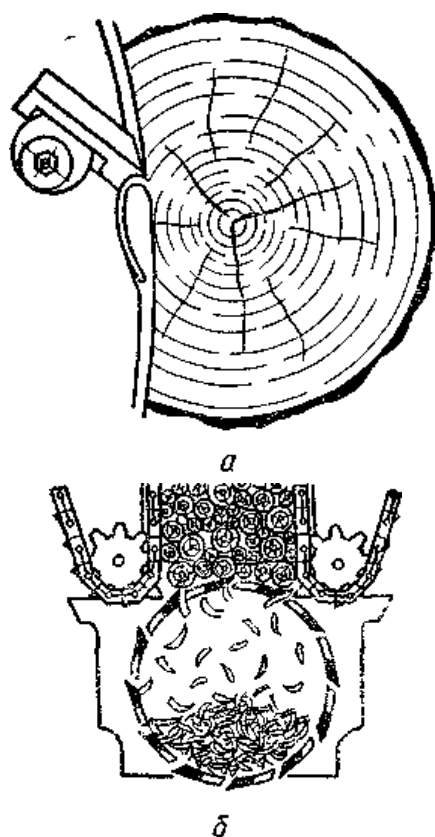


Рис. 12. Схема рубительной машины фирмы «Англо-Пейпер Продактс»: а - схема резания; б – механизм подачи

Таким образом, в барабанной рубительной машине длина щепы точно определяется конструкцией ножей, а толщина их — выступом над поверхностью барабана. В этой машине важно то обстоятельство, что щепа отделяется от массива древесины не путем сжатия вдоль волокна, а срезается ножом в виде ленты, и сама лента в процессе перемещения расслаивается вдоль волокон, образуя щепу. Поэтому повреждение щепы от продольного сжатия намного уменьшается, а расход энергии снижается.

Механизм подачи этой рубительной машины представляет собой вертикальную шахту с двумя цепными транспортерами. Балансы, подлежащие переработке, загружаются в шахту с помощью ленточного конвейера. Шахта имеет с каждой стороны по две бесконечные цепи (рис. 12, б), движущиеся синхронно. Балансы, располагаясь между двумя цепями, подаются вниз к ножевому барабану. Длина ножевого барабана и ширина загрузочной шахты зависят от типоразмера рубительной машины, который также определяет максимальную длину перерабатываемых балансов.

По данным фирмы-изготовителя и предприятий, эксплуатирующих эти машины, щепа имеет более равномерный фракционный состав и размеры по длине и толщине, меньшее количество опилок и крупной щепы. По данным фирмы, образуется лишь небольшое количество мелочи и поэтому сортирование щепы не обязательно. Значительно уменьшен шум, сокращен расход энергии и увеличена продолжительность работы машины между заточками ножей. Вследствие разрезания сучков и улучшения условий их пропитки со-

кращаются на $\frac{2}{3}$ отходы сортирования целлюлозы. По заявлению изобретателей машины, уменьшение деформации щепы от осевого сжатия обеспечило увеличение сопротивления целлюлозы продавливанию на 20%, раздиранию на 10%, разрывная длина повысилась на 10% по сравнению с этими же показателями целлюлозы из щепы, полученной на обычных дисковых рубительных машинах. По показателям прочности полученная целлюлоза не уступает целлюлозе, сваренной из щепы ручного приготовления.

Так как щепа нового типа оказалась очень рыхлой, степень заполнения котла была на 10% меньше, чем в случае обычной щепы. Чтобы избежать этого недостатка, барабанные рубительные машины стали конструировать так, чтобы получить щепу длиной около 33 мм вместо 50 мм, толщина щепы была увеличена с 3,2 до 6,4 мм.

Щепа толщиной 6,4 мм представляется несколько завышенной однако варочный раствор легко проникает в щепу через трещины образующиеся при изгибе древесных лент. Равномерное и быстро проникновение варочного раствора в щепу и небольшое количество отходов сортирования обусловили целесообразность выработки целлюлозы повышенного выхода из древесины, что имеет особый интерес при производстве небеленой целлюлозы. Другим следствием улучшения пропитки щепы является сокращение продолжительности варки и увеличение степени белизны целлюлозы. Сортирование щепы после барабанной рубительной машины не обязательно. Недостаток барабанной рубительной машины с поперечной подачей заключается в необходимости распиливать круглые лесоматериалы на отрезки определенной длины. Другой недостаток - необходимость равномерной загрузки шахты машины, так как для обеспечения хорошей работы машины ее шахта должна быть загружена доверху. В известной мере этот недостаток устраняется установкой двухскоростного электродвигателя.

Основной недостаток барабанных рубительных машин — щепа, получаемая на этих машинах, не транспортабельна, не может храниться в кучах или силосах, подвергаться многим пересыпам, транспортироваться в трубопроводах. Даже при нескольких пересыпах такая щепа легко крошится и превращается в спички и опилки.

3.5. Рубительная машина барабанная резцовая

Рубительные машины барабанные резцовые предназначены для измельчения отрезков древесины (откомлевки, отторцовки) на технологическую щепу для плитного и гидролизного производства и топливную щепу. Область применения - предприятия для производства плит ДВП, ДСП и котельные, работающие на древесном топливе. Рубительная машина (рис.13) - барабанного типа, резцовая с наклонной загрузкой сырья и выбросом щепы вниз на конвейер. Основные узлы рубительной машины - ротор с резцами для поперечного резания древесины, сварные станины ротора и привода, соединенные между собой крепежом, лоток приемный. Ротор представляет собой литой

полый барабан, на наружной поверхности которого, по винтовой линии расположены резцы. Вращение ротора осуществляется от приводного электродвигателя через клиноременную передачу.

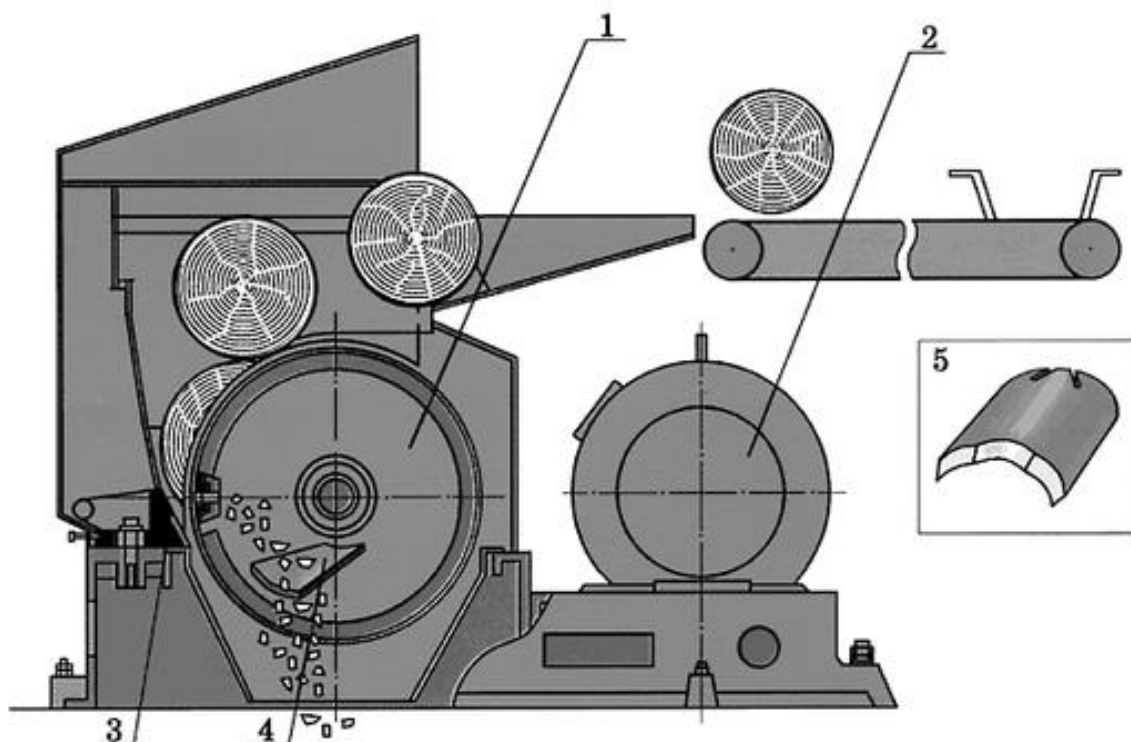


Рис.13. Машина рубительная барабанная резцовая:
1 – многорезцовый ротор; 2 – привод; 3 – контрнож; 4 – лоток для выгрузки щепы; 5 – резец

4. АНАЛИЗ КОНСТРУКЦИЙ ДИСКОВЫХ РУБИТЕЛЬНЫХ МАШИН И ТЕНДЕНЦИИ ИХ РАЗВИТИЯ

Сопоставление конструкций рубительных машин различных типов и их технико-экономических показателей позволяет сделать следующие выводы.

1. Малоножевые тихоходные машины с большим диаметром диска (2800—3200 мм), осуществляющие прерывистое резание древесины, не имеют перспективы дальнейшего применения в промышленности.

2. Рубительные машины с эвольвентными ножами и с заданными размерами щепы могут найти применение лишь на отдельных предприятиях.

3. Для дисковых машин лучшие результаты по фракционному составу щепы, удельному расходу энергии, производительности и другим технико-экономическим показателям получены при измельчении балансов различных пород (ели, сосны, березы и осины) на многоножевых рубительных машинах и особенно на машинах с геликоидальной поверхностью режущих ножей и диска. Эти машины обеспечивают непрерывное резание для большей части измельчаемых балансов.

Для коротких балансов (до 2 м) следует рекомендовать дисковые многоножевые машины с наклонным патроном, а для длинных балансов (4—6,5 м) — машины с горизонтальной подачей.

4. У быстроходных машин целесообразно принять нижний выброс щепы, несмотря на то, что при верхнем выбросе несколько упрощается компоновка транспортного оборудования. Удаление щепы из кожуха машины в циклон сопровождается заметным увеличением расхода энергии и получением большего количества пыли и мелкой щепы. Если невозможно отказаться от верхнего выброса щепы, необходимо, чтобы конструкция машины обеспечивала транспортирование щепы с небольшой затратой энергии и без дробления щепы о стенки щепопровода и в циклоне.

5. Заслуживают внимания рубительные машины с пониженной скоростью и с безударным удалением щепы. Их внедрение в производство позволит получать повышенный выход кондиционной щепы.

7. Для измельчения сухих и особенно мерзлых балансов следует значительно (в 2—3 раза) снижать скорости резания во избежание получения большого количества мелочи и опилок.

8. Для измельчения в щепу мелких древесных отходов и шпона целесообразно применять многоножевые дисковые машины с геликоидальными ножами и принудительной подачей, а также барабанные рубительные машины с принудительной подачей.

9. Для привода рубительных машин следует рекомендовать установку нескольких двигателей. Это позволит снизить потребление электроэнергии при переработке балансов различного диаметра.

5. РАСЧЕТ РУБИТЕЛЬНЫХ МАШИН

5.1. Постановка задачи расчета

В современном целлюлозно-бумажном производстве для получения технологической щепы наиболее широко применяются дисковые рубительные машины. Дисковые рубительные машины изготавливаются с наклонным или горизонтальным расположением загрузочного патрона, соответственно с верхним или нижним выбросом щепы. При верхнем выбросе щепа направляется в циклон, при нижнем — на транспортер, расположенный под машиной. Выбор типа машины определяется видом перерабатываемой древесины, требованиями к качеству щепы и общей компоновкой древесноподготовительного цеха.

В таблице 1 приводятся основные параметры машин с наклонным расположением загрузочного патрона; в таблице 2- машин с горизонтальным расположением загрузочного патрона.

Таблица 1

Основные параметры машин с наклонным расположением
загрузочного патрона

Обозначение типоразмера машины	Максимальный поперечный размер перерабатываемой древесины, мм	Производительность не менее		Установленная мощность не более, кВт	Диаметр ножевого диска не более, мм
		м³/ч	м³/с		
МРН-10 МРН-30	220	10 30		55 90	1280
МРН-50	350	50		315	2240
МРН-100	500	100		500	2500
МРН-150	700	200		1250	3000
МРН-200		250		1600	
МРН-300		300			

Таблица 2

Машины с горизонтальным расположением загрузочного патрона

Обозначение типоразмера машины	Максимальный поперечный размер перерабатываемой древесины, мм		Производительность не менее		Установленная мощность не более, кВт	Диаметр ножевого диска не более, мм
	круглой	горбыля	м ³ /ч	м ³ /с		
МРГ-20	200	420	20		90	1280
МРГ-40	300	500	40		165	1600
МРГ-100	500	-	100		500	2500
МРГ-400	1000	-	400		2500	4250

В задачу расчета рубительной машины входит:

1. На основе заданных технологических показателей (производительность, вид древесины, расчетная длина щепы) определение основных конструктивных параметров - диаметра и скорости вращения ножевого диска, числа ножей.
2. Определение маховых масс и мощности привода рубительной машины.
3. Определение усилий, действующих ножевой диск, вал диска, ножи и другие элементы конструкции.
4. Проверка отдельных деталей и узлов на прочность и жесткость.

5.2. Производительность рубительной машины[5]

Производительность рубительной машины выражается формулой

(1)

где — средний расчетный диаметр балансов, м;

– среднее число оборотов вала рубительной машины, об/мин;

$$\frac{1}{n} \left(\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2} + \dots + \frac{1}{n_k} \right), \quad (2)$$

где: n – номинальное число оборотов вала до начала рубки балансов;
 n_k – конечное число оборотов после рубки балансов расчетного диаметра и длины.

(3)

где: μ – допускаемое скольжение электродвигателя при измельчении баланса расчетного диаметра. Предварительно можно принять

- k ;
- число ножей;
- длина щепы, м;
- коэффициент загрузки или подачи.

Средний расчетный диаметр балансов, поступающих на рубительную машину, определяется относительным содержанием отдельных категорий древесины, по их диаметрам во всей партии и вычисляется по формуле

$$D_{\text{ср}} = \frac{\sum d_i \cdot G_i}{\sum G_i}, \quad (4)$$

где d_i – средние диаметры балансов по отдельным категориям, м;

G_i – относительные содержания отдельных категорий древесины во всей партии.

При получении щепы из отходов деревопереработки или при одновременной рубке нескольких балансов малого диаметра целесообразно задаваться площадью поперечного сечения измельчаемой древесины. Формула производительности в этом случае примет вид

(5)

В случае одновременной переработки нескольких балансов

$$Q = \frac{F \cdot n}{60}, \quad \text{м}^2, \quad (6)$$

где n – число одновременно измельчаемых балансов.

Число оборотов вала диска рубительной машины определяется из зависимости

$$n = \frac{v}{\pi D}, \quad (7)$$

где v – окружная скорость на среднем диаметре резания, м/с;
 D – средний диаметр резания (рис.14), м,

диаметр ножевого диска, м.

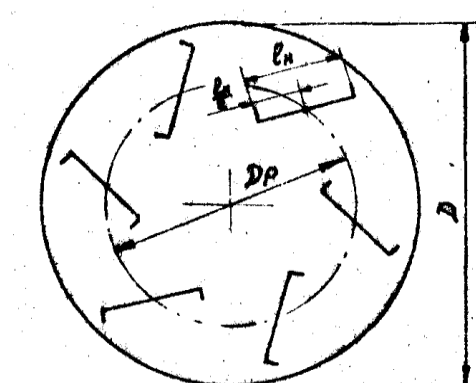


Рис.14. Расположение ножей и средний диаметр резания ножевого диска

Число ножей соответственно равно:

$$\frac{D_p}{2r_n} \quad (8)$$

$$\frac{D_p}{2r_n} \quad (9)$$

5.3. Выбор маховых масс и мощности электродвигателя

Определение маховых масс и мощности привода рубительной машины основывается на уравнении движения вала ножевого диска. Для промежутка времени рубки одного баланса с максимальными размерами имеет вид

$$- \quad (10)$$

где — приведенный к валу момент инерции вращающихся деталей машины и привода, ;

приведенный маховой момент, —;

ускорение силы тяжести, ;

угловая скорость вала до начала рубки, ;

угловая скорость вала по окончании рубки, ;

работа рубки одного баланса, ;

коэффициент полезного действия машины, учитывающий механические потери;

коэффициент допустимой кратковременной перегрузки двигателя;

номинальная мощность двигателя, кВт;

время рубки баланса расчетной длины, сек.

Вводя коэффициент снижения чисел оборотов — и выражая угловые скорости через конечное и начальное числа оборотов, получим выражение момента в виде

$$\text{---}, \text{---} \quad (11)$$

Время рубки одного баланса длиной L , м составит

$$\text{---}, \text{с} \quad (12)$$

где коэффициент, учитывающий различие между теоретическим и опытным временем рубки. Для современных многоножевых машин

Коэффициент подачи можно выразить в виде

$$\text{---}, \quad (13)$$

где время паузы между рубками двух балансов, в течение которого двигатель восстанавливает начальное число оборотов.

$$\text{---} \quad (14)$$

Уравнение движения вала в период паузы имеет вид

$$\text{---} \quad (15)$$

Отсюда

$$\text{---}, \text{с} \quad (16)$$

Получаем

$$\text{---}, \text{кВт} \quad (17)$$

представляет собой работу, затрачиваемую для рубки балансов максимальных размеров

$$\text{---}, \quad (18)$$

$$\text{---}, \text{Дж}, \quad (19)$$

где удельная сила резания древесины, Н/м;
 максимальный диаметр перерабатываемых балансов, м;
 угол наклона баланса к горизонтальной плоскости.

Удельная сила резания определяется по монограмме [5] (рис.15)

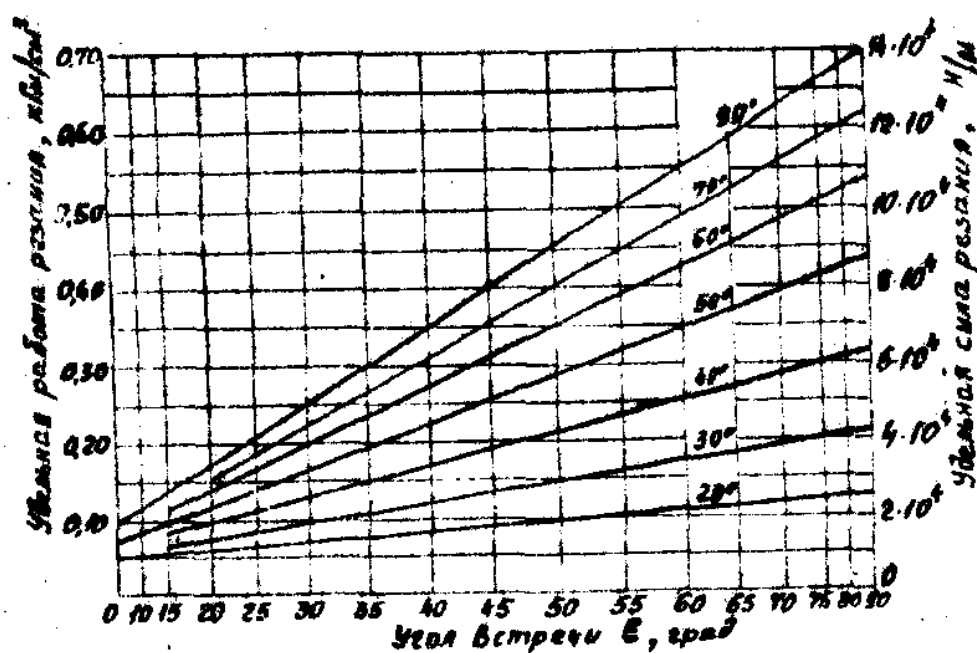


Рис.15. Номограмма для определения удельной силы и удельной работы резания при различных значениях угла встречи и угла наклона.

По номограмме определяется удельная сила резания P_1 при угле резания 40° , для сосны свежесрубленной, при толщине срезанного слоя 12 мм и острых ножах. Для иных условий удельная сила резания равна

(20)

где коэффициент затупления ножей:

ножи острые

ножи тупые

коэффициент, учитывающий влажность древесины:

влажность 25-30%

влажность 50-57%

коэффициент, учитывающий температуру древесины:

Для замороженной древесины

коэффициент, учитывающий породу древесины.

Таблица 4

Значения коэффициента

Порода древесины	Сосна	Ель	Пихта	Лиственница	Осина	Береза	Ясень	Бук
	1,0	0,87	0,87	1,07	0,85	1,25	1,6	1,4

5.4. Проверка электродвигателя на динамическую устойчивость.

Среднее значение мощности резания при измельчении баланса

$$P_{\text{ср}}, \text{ кВт}, \quad (21)$$

где $M_{\text{ср}}$ – среднее значение момента резания, Н·м;
 $\omega_{\text{ср}}$ – среднее значение угловой скорости ножевого диска в период рубки одного баланса, с⁻¹.

Работа одного отруба

$$A_{\text{отр}}, \text{ Дж}, \quad (22)$$

где $t_{\text{отр}}$ – время одного отруба, соответствующее повороту диска на угол между двумя соседними ножами (при непрерывном отрубе), с.

Так как $\alpha_{\text{отр}} = \alpha$ равно углу поворота ,

$$A_{\text{отр}} = M_{\text{ср}} \cdot \alpha, \text{ Дж}, \quad (23)$$

$$\text{где } \alpha = \frac{2\pi}{z} \text{ рад.} \quad (24)$$

Из (23)

$$A_{\text{отр}} = M_{\text{ср}} \cdot \frac{2\pi}{z}, \quad (25)$$

Для баланса максимального диаметра

$$A_{\text{отр}} = M_{\text{ср}} \cdot \frac{2\pi}{z_{\text{макс}}}, \quad (26)$$

Величина $A_{\text{отр}}$ вычисляется по (19)

Мощность и момент для механического выбрасывания щепы из рубительной машины соответственно равны

$$P_{\text{мех}} = \frac{A_{\text{отр}}}{t_{\text{отр}}}, \quad (27)$$

$$M_{\text{мех}} = \frac{A_{\text{отр}}}{\alpha}, \quad (28)$$

где $G_{\text{щ}}$ – отношение веса щепы к весу воздуха в аэросмеси;
 $V_{\text{в}}$ – расход воздуха, м³/с;
 $\rho_{\text{в}}$ – объемный вес воздуха, Н/м³;
 $v_{\text{ср}}$ – окружная скорость в центре лопаток для выбрасывания щепы, м/с.

$$P_{\text{мех}} = \frac{G_{\text{щ}} \cdot V_{\text{в}} \cdot \rho_{\text{щ}} \cdot v_{\text{ср}}}{60}, \quad (29)$$

где $\rho_{\text{щ}}$ – объемный вес щепы, Н/м³

(30)

где S – площадь поперечного сечения щепопровода, м^2

где b – ширина поперечного сечения щепопровода, м ;
 h – высота поперечного сечения, м ;
 v – скорость воздуха в щепопровode, м/с .

где d – средний диаметр лопаток для удаления щепы, м .

Мощность и момент, расходуемые на вентиляцию (перемещение аэро-смеси) соответственно равны

(31)

(32)

где ΔP – потери давления на перемещение смеси щепы и воздуха, Н/м^2 ;
 η – коэффициент полезного действия

Для определения ΔP можно воспользоваться формулой из [5]

(33)

где $\Delta P_{\text{ч}}$ – потери давления при перемещении чистого воздуха, Н/м^2 ;
 v – скорость движения материала (щепы), м/с ;

– диаметр щепопровода, м ;

h – высота подъема материала, м .

Потери напора при перемещении чистого воздуха равны

(34)

где

Здесь α – коэффициент потерь при входе воздуха в щепопровод
 β – коэффициент сопротивления циклона при наличии рециркуляции воздуха;

Скорость воздуха v в зависимости от размеров щепы выбирается с учетом следующих данных по таблице 4

Таблица 4

Скорость воздуха

Размеры щепы, мм	15x12x3	28x5x3	22x22x3	28x13x3	28x24x3	28x37x3	20x50x5
, м/с	8,8-12	9-12,5	3,3-13,8	9-12,5	10,5-15	12,3-16,5	15-20

Мощность и момент на перемещение чистого воздуха равны

$$\frac{P}{\rho \cdot V} = \frac{M}{\rho \cdot V} \quad (35)$$

$$\frac{P}{\rho \cdot V} = \frac{M}{\rho \cdot V} \quad (36)$$

— номинальный момент электродвигателя;
 мощность электродвигателя, кВт;
 номинальное число оборотов двигателя в секунду.
 Критический момент двигателя

$$M_{кр} = \frac{P_{дв}}{\omega_{дв}} \quad (37)$$

где коэффициент допустимой кратковременной перегрузки двигателя.

Относительный момент сил сопротивления

$$\frac{M_{соп}}{M_{кр}} \quad (38)$$

где

$$M_{соп} = \frac{P_{соп}}{\omega_{дв}} \quad (39)$$

момент для преодоления механических потерь на холостом ходу,
 Н ;

Относительный момент холостого хода

$$\frac{M_{хх}}{M_{кр}} \quad (40)$$

где момент холостого хода с учетом момента на перемещение чистого воздуха.

Критическая постоянная времени электропривода

$$T_{кр} = \frac{J_{дв}}{M_{кр}} \quad (41)$$

где

маховой момент вращающихся частей рубительной машины,
 Н²;
 маховой момент электродвигателя, Н²;
 критическое скольжение электродвигателя;

$$\frac{J_{дв}}{M_{кр}} \quad (42)$$

искусственное скольжение электродвигателя;
Критическое время электропривода определяется по формуле

$$(43)$$

где $t_{кр}$ – относительное критическое время, определяемое по диаграмме на рис.16 в зависимости от относительного момента сил сопротивления и относительного момента холостого хода.

Условием устойчиво работы электродвигателя является неравенство

$$(44)$$

где $t_{р}$ – время рубки баланса заданных размеров.

Предельная длина баланса, измельчаемого за время, равное критическому, получается из выражения

$$L_{кр} = \frac{1}{n} \quad (45)$$

— среднее число оборотов в период рубки, об/мин;

(46)

При необходимости проводится также проверка электродвигателя на нагрев.

5.5. Расчет ножевого диска

Напряжения, возникающие в теле ножевого диска под действием центробежной силы, можно получить рассматривая его как сплошной диск.

Максимальные окружные (касательные) напряжения на границе внутреннего отверстия (рис.17) равны

$$\sigma_{кр} = \frac{\rho \omega^2}{8} \left(\frac{D^2}{4} - \frac{d^2}{4} \right) \quad (47)$$

Максимальные напряжения на наружном диаметре

$$\sigma_{кр} = \frac{\rho \omega^2}{8} \left(\frac{D^2}{4} + \frac{d^2}{4} \right) \quad (48)$$

где μ – коэффициент Пуассона для стали;
 γ – удельный вес стали;
 ω – угловая скорость вращения диска, c^{-1} .

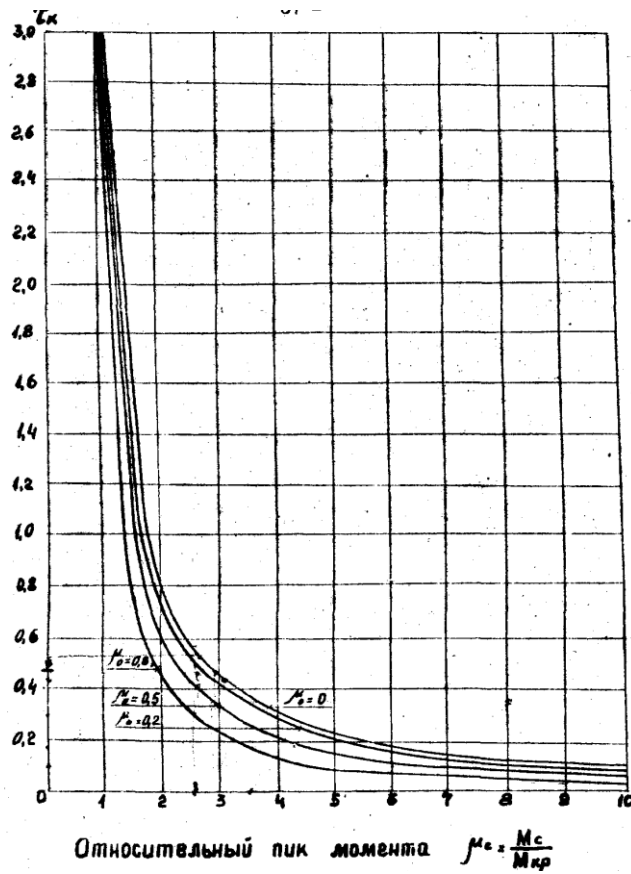


Рис.16. График для определения относительного критического времени

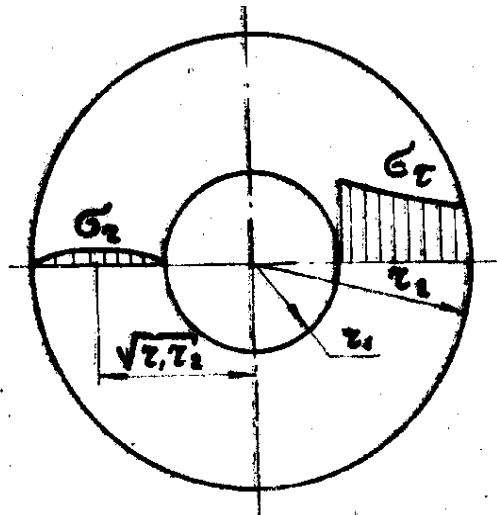


Рис.17. Окружные и радиальные напряжения в ножевом диске

Максимальные радиальные напряжения расположены на расстоянии — от центра диска. Величина этих напряжений

(49)

Полученное значение напряжений сравнивается с допускаемым напряжением на растяжение. Для проверки прочности перемычек у ступицы (рис.18) диск рассматривается как маховик.

Нормальная растягивающая сила в поперечном сечении спицы у обода равна

$$\frac{F}{S} = \frac{E \cdot \Delta l}{l} \quad (50)$$

где

- наружный радиус ступицы, м;
- средний радиус обода диска, м;
- момент инерции поперечного сечения обода, m^4 ;
- угол между осями соседних перемычек;
- функции угла ;
- средняя площадь переменного сечения перемычки, m^2 ;
- площадь поперечного сечения обода, m^2 .

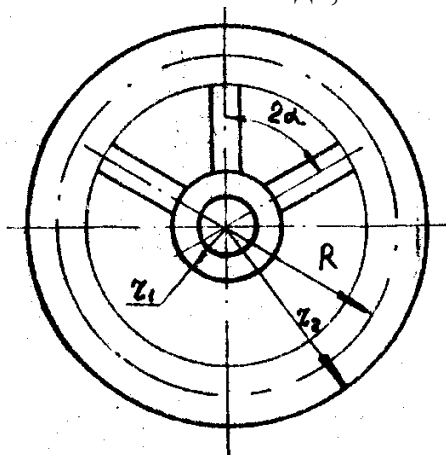


Рис.18. Схема к расчету перемычек диска

Нормальная растягивающая сила в поперечном сечении перемычки на радиусе

$$\frac{F}{S} = \frac{E \cdot \Delta l}{l} \quad (51)$$

— площадь поперечного сечения перемычки на радиусе, m^2 ;

число перемычек (ножей);

толщина диска, м.

Подставляя значение в (51) и производя вычисления, получим

$$\frac{F}{S} = \frac{E \cdot \Delta l}{l} \quad (52)$$

При

$$\frac{F}{S} = \frac{E \cdot \Delta l}{l} \quad (53)$$

Условия прочности

(54)

где σ_{\max} наибольшее нормальное напряжение в опасном сечении.

Проверка прочности при отрыве половинок диска друг от друга.

Центробежная сила, действующая на половину диска (рис.19) равна

$$F_{\text{цб}} = \frac{G}{2} \cdot r, \text{ Н} \quad (55)$$

где

G — сила веса половины диска, Н;

r — расстояние от оси вращения диска до центра масс его половины, м.

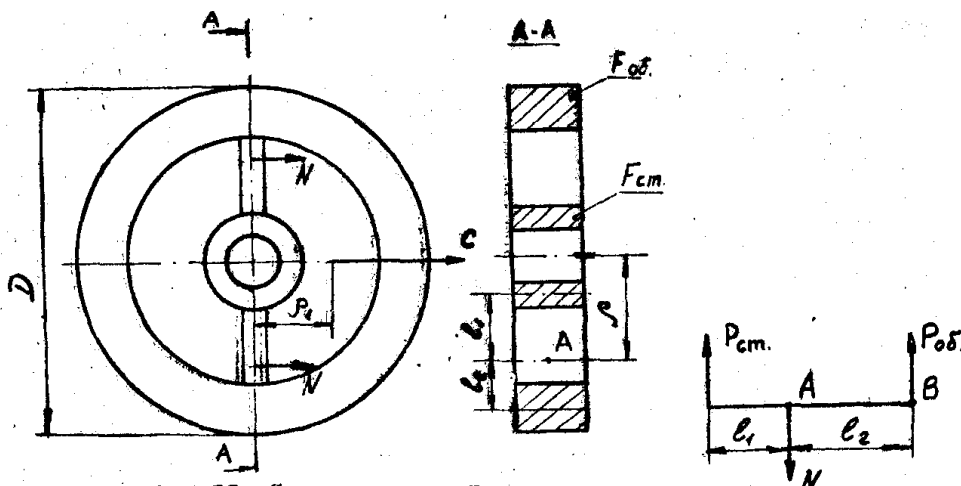


Рис.19. Схема к расчету центробежной силы

Силы, возникающие в сечениях $A-A$ (обод) и $B-B$ (ступица), определяются следующим образом:

Условия прочности имеют вид

(56)

(57)

где σ и ϵ напряжения растяжения соответственно в ободе и ступице.

Крутящий момент, передаваемый от двигателя, вызывает напряжения среза в перемычках между окнами в диске. Расчетное значение крутящего момента принимается с запасом:

$$\sigma_{\text{среза}} = \frac{M_{\text{кр}}}{W_{\text{среза}}} \quad (58)$$

где n — число одновременно нагружаемых перемычек;

5.6. Расчет вала рубительной машины

На вал рубительной машины в вертикальной плоскости действуют силы веса вала G_v , ножевого диска G_d , тормозного шкива G_t и полумуфты G_m . Учитывая, что вал рубительной машины имеет относительно небольшую длину, вес вала можно представить в виде сосредоточенной силы. Вес полумуфты и тормозного шкива считаем приложенным в одной точке. При возможном линейном смещении вала двигателя и вала машины действует поперечная сила P_m . В муфте возникает изгибающий момент $M_{\text{ми}}$. Поперечная сила и изгибающий момент соответственно равны[5].

$$P_m = \dots \quad (59)$$

$$M_{\text{ми}} = \dots \quad (60)$$

При работе машины возникает сила резания P_r . Направление силы резания зависит от углов наклона питающего патрона и его расположения относительно горизонтальной оси ножевого диска. В общем случае составляющие от силы резания действуют в вертикальной и горизонтальной плоскостях(рис.20). Усилия затягивания, возникающее в процессе рубки древесины, мало по сравнению с силами тяжести и резания, поэтому при расчете вала на прочность не учитывается.

На вал действует также крутящий момент, передаваемый от двигателя. максимальное значение крутящего момента на валу равно

На рис.20 приведены эпюры изгибающих моментов в вертикальной и горизонтальной плоскости, эпюра суммарного и крутящего моментов.

Расчетный суммарный момент определяется по выражению

$$M_{\text{сум}} = \dots \quad (61)$$

где коэффициент приведения действия крутящего момента к изгибающему.

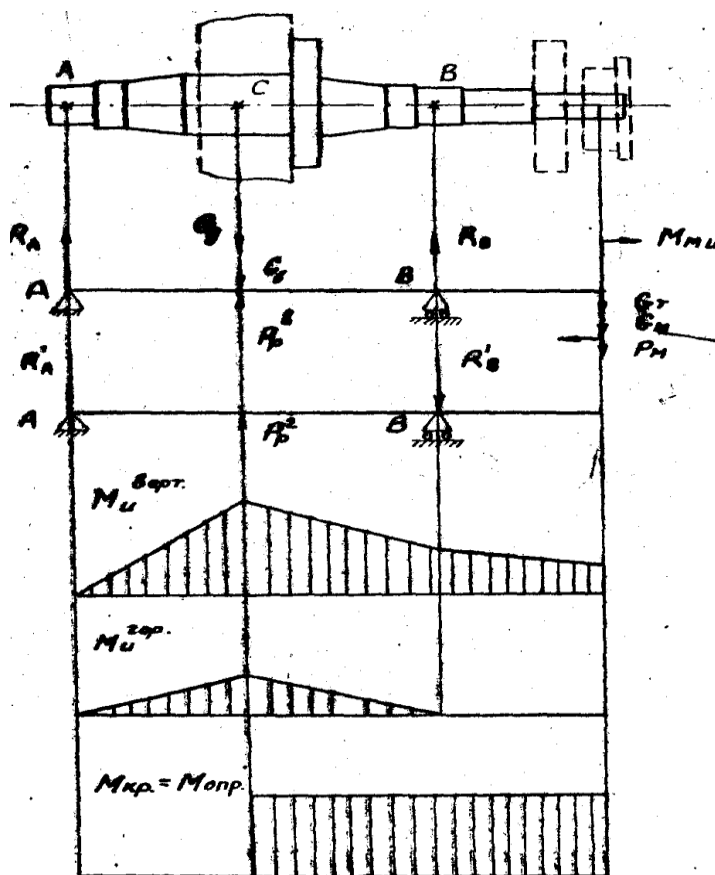


Рис.20. Расчетная схема вала рубильной машины и эпюры моментов.

Диаметр вала в рассматриваемом сечении определяется из условия прочности

$$\frac{M_{кр.}}{W_{кр.}} \leq [\sigma_{кр.}] \quad (62)$$

где $W_{кр.}$ — момент сопротивления сечения вала.

$$W_{кр.} = \frac{\pi d^3}{32} \quad (63)$$

Участок вала под полумуфтой рассчитывается только на кручение и диаметр вала в этом месте определяется по формуле

$$d = \sqrt[3]{\frac{M_{кр.}}{[\sigma_{кр.}]}} \quad (64)$$

где $[\sigma_{кр.}]$ — допускаемые напряжения при работе вала на кручение.

После предварительного проводится уточненный расчет вала по действительным коэффициентам запаса прочности по методике . Допускаемый коэффициент запаса прочности равен

$$, \quad (65)$$

где коэффициент, учитывающий степень ответственности детали;

коэффициент, учитывающий степень точности определения расчетных нагрузок;

коэффициент, учитывающий надежность материала.

При расчете вала на жесткость определяется величина наибольшего прогиба, угла наклона упругой линии и угла закручивания по методике . Полученные значения сопоставляются с допускаемыми, которые рекомендуются [8] принимать следующими:

Допускаемый максимальный прогиб

где расстояние между опорами;

Допускаемый угол наклона упругой линии

рад

Допустимый угол закручивания на 1 погонный метр длины вала.

5.7. Расчет тормоза рубительной машины.

Момент торможения определяется по формуле

$$(66)$$

где сумма моментов инерции вращающихся частей рубительной машины и привода, ;

— угловое ускорение при торможении, рад/с²;

угловая скорость вала до начала торможения, рад/с;

время торможения, с.

Принимается

Окружное усилие, возникающее на рабочей поверхности тормозного шкива диаметром (рис.21), равно

$$\text{—} \quad (67)$$

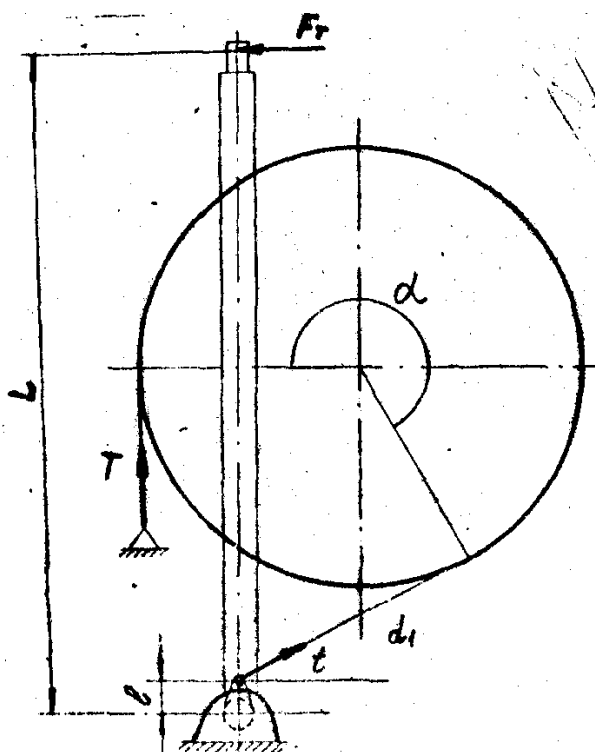


Рис.21. Схема к расчету тормоза

Натяжения набегающей и сбегающей ветвей ленты тормоза соответственно равны

$$\text{---} \quad (68)$$

$$\text{---} \quad (69)$$

где \ln — основание натурального логарифма;
 μ — коэффициент трения между поверхностями тормозной ленты и шкива;

α — угол охвата тормозного шкива тормозной лентой.

Из условия равновесия системы

$$(70)$$

где F_T — усилие торможения, прикладываемое к рычагу тормозного устройства. Из (70)

$$\text{---} \quad (71)$$

Полученное усилие торможения не должно превышать 150-200 Н. после проектного расчета проводится расчет тормоза на нагрев. Проводится проверка элементов конструкции тормоза на прочность.

5.8. Порядок расчета рубительной машины

Расчет рубительной машины проводится в следующем порядке:

1. Средний расчетный диаметр перерабатываемой древесины задается или на основе заданного распределения балансов вычисляется по формуле (4).
2. По заданной производительности по таблицам 1, 2 принимается диаметр ножевого диска. Определяется средний диаметр резанья. Принимается скорость резанья на среднем радиусе ножа. В современных рубительных машинах скорость резанья лежит в диапазоне 25-30 м/с. По формуле (7) определяется число оборотов вала рубительной машины.
3. По формуле (8) или (9) определяется число ножей. Полученное значение округляется до целого. Величина коэффициента загрузки рубительной машины K_n находится в диапазоне 0.3-0.6.
4. По заданной производительности по таблице 1 или 2 выбирается максимальный поперечный размер (диаметр) перерабатываемой древесины. По формуле (18) определяется работа, затрачиваемая для рубки баланса максимальных размеров. Величина удельного усилия резанья в зависимости от условий рубки вычисляется по формуле (20).
5. По формуле (12) определяется время рубки одного баланса максимального диаметра. Среднее значение числа оборотов определяется с учетом скольжения электродвигателя по формуле (2). Величина скольжения предварительно принимается 40-50% (0.4 - 0.5).
6. Определяется мощность двигателя рубительной машины по формуле (17) и суммарный маховый момент ротора и электродвигателя по формуле (11). На основании полученных значений выбирается электродвигатель. Мощность электродвигателя не должна превышать величины для машины данной производительности по таблице 1 или 2.
7. Проводится проверка выбранного электродвигателя на динамическую устойчивость. Определяется предельная длина измельчаемого баланса.
8. Проводится расчет элементов конструкции рубительной машины: вала на прочность и жесткость, ножевого диска на прочность, подшипников, тормоза.

Литература

1. ГОСТ 15815-83. Щепа технологическая. - М.: Изд-во стандартов, 1983. – 36 с.
2. Житков А. В. Подготовка древесины для производства целлюлозы и древесной массы. М.: Гослесбумиздат, 1962. – 186 с.
3. Гаузе А. А., Гончаров В. Н. Оборудование для подготовки бумажной массы. М.: Лесная промышленность, 1983 – 261 с.
4. Вальщиков Н. М. Рубительные машины. – Л.: Машиностроение, 1970. – 286 с.
5. Гончаров В.Н., Гаузе А.А. Расчет оборудования подготовки бумажной массы. Учебное пособие. - Л.: ЛТА, 1977- 112 с.
6. Писаренко Г. С., Яковлев А. П. Справочник по сопротивлению материалов. М.: Машиностроение, 1975. – 484 с.
7. Биргер И. А. Расчет на прочность деталей машин. М.: Машиностроение, 1979. – 354 с.
8. Коперин Ф. И. Производство технологической щепы в леспромхозах. М.: Лесная промышленность, 1970 – 236 с.